

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



10921 034799
1009/05.99
PRO

#2

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 100 18 968.7

Anmeldetag: 17. April 2000

Anmelder/Inhaber: Ivoclar AG,
Schaan/LI

Bezeichnung: Hydrolysestabile und polymerisierbare
Acrylphosphonsäure

IPC: C 07 F, A 61 K, C 08 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 08. Februar 2001
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

dpa

UEXKÜLL & STOLBERG
PATENTANWÄLTE

BESELERSTRASSE 4
D - 22607 HAMBURG

EUROPEAN PATENT ATTORNEYS
EUROPEAN TRADEMARK ATTORNEYS

DR. J.-D. FRHR. von UEXKÜLL (- 1992)
DR. ULRICH GRAF STOLBERG (- 1998)
DIPL.-ING. JÜRGEN SUCHANTKE
DIPL.-ING. ARNULF HUBER
DR. ALLARD von KAMEKE
DIPL.-BIOL. INGEBORG VOELKER
DR. PETER FRANCK
DR. GEORG BOTH
DR. ULRICH-MARIA GROSS
DR. HELMUT von HEESCH
DR. JOHANNES AHME
DR. HEINZ-PETER MUTH
DIPL.-ING. LARS MANKE
DR. MARTIN WEBER-QUITZAU
DR. BERND JANSSEN
DR. ALBRECHT von MENGES

Ivoclar AG
Bendererstr. 2

FL-9494 Schaan
Liechtenstein

RECHTSANWALT
EUROPEAN TRADEMARK ATTORNEY
DR. FRANK DETTMANN

(P 53490/hpm)
April 2000

Hydrolysestabile und polymerisierbare
Acrylphosphonsäure

Die vorliegende Erfindung betrifft polymerisierbare Acrylphosphonsäuren, die eine hohe Hydrolysestabilität aufweisen und sich insbesondere zur Herstellung oder als Bestandteile von Polymeren, Adhäsiven oder anderen Materialien und hauptsächlich von Dentalmaterialien eignen.

Polymerisierbare Phosphonsäuren sind vor allem als Comonomere von polymer-chemischer Bedeutung. Sie gestatten die Herstellung von organischen Polymeren mit hoher thermischer Stabilität, guten Hafteigenschaften, schwerer Entflammbarkeit und guter Löslichkeit in polaren Lösungsmitteln. Für diesen Zweck sind zahlreiche monomere Phosphonsäuren mit polymerisierbaren Vinyl-, Dienyl-, Allyl- oder Styrylgruppen synthetisiert und polymerisiert worden. Eine Übersicht zu Phosphonsäuren gibt Houben-Weyl, Methoden oder Organischen Chemie, Band E 20 (2. Teil), Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1987, S. 1300 ff. Beispiele für solche

konventionellen polymerisierbaren Phosphonsäuren sind Vinylphosphonsäure, Allylbenzolphosphonsäure, α -Aminoallylphosphonsäure, Phenylethenphosphonsäure, 1,3-Butadien- oder Isoprenphosphonsäure, 4-Vinylbenzolphosphonsäure oder 2-(4-Vinylphenyl)-ethanphosphonsäure.

Phosphonsäuren, bei denen die C=C-Gruppierung direkt oder über ein Sauerstoffatom an das Phosphoratom gebunden ist, wie z.B. Vinylphosphonsäure oder Ethylphosphonsäuremonovinylester, zeigen 10 allerdings nur eine mäßige Neigung zur Homopolymerisation, so daß nur Homopolymere mit einer geringen Molmasse zugänglich sind.

Hochmolekulare Polymerisate können demgegenüber von (Meth)acrylphosphonsäuren oder -estern erhalten werden, bei denen die 15 (Meth)acrylgruppe nicht direkt sondern über eine hydrolysestabile Spacergruppe an den Phosphor gebunden ist. Derartige (Meth)acrylphosphonsäure-Derivate werden beispielsweise in der DE-B-27 11 234 beschrieben.

20 Die DE-A-32 10 775 offenbart 2-Acrylamido-2-methyl-propanphosphonsäure mit der Formel $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CONH}-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{P}(=\text{O})(\text{OH})_2$ sowie deren Verwendung zur Herstellung von Copolymerisaten.

25 Die DE-A-33 13 819 und die JP 62-63314 (Chem. Abstr. 107 (1987), 41318f) offenbaren Methacrylsäure-(2-phosphono-1,1-dimethylethylamin) der Formel $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CONH}-\text{C}(\text{CH}_3)_2-\text{CH}_2-\text{P}(=\text{O})(\text{OH})_2$.

Gemäß EP-B-0 089 654 und US-A-4 650 591 soll sich Acrylsäure-(2-phosphono-1,1-dimethylethylamin), auch als 2-Acrylamido-2-methylpropanphosphonsäure bezeichnet, in Form ihrer Homo- oder Copolymeren als Korrosionsinhibitor eignen.

Die DD-A-273 846 offenbart Haftvermittler auf der Basis von N-Acyl-aminomethan-bisphosphonsäurederivaten.

Diese bekannten (Meth)acrylphosphonsäure-Derivate sind in wässriger Lösung nicht stabil. Vielmehr findet bei ihnen eine hydrolytische Abspaltung der (Meth)acrylgruppe statt, die durch dissoziierte Protonen der Phosphonsäuregruppe sogar noch katalysiert und damit beschleunigt wird.

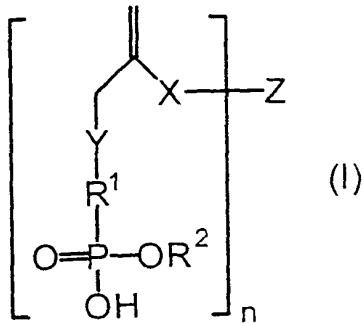
Bei einer ganzen Reihe von Anwendungen polymerisierbarer Phosphonsäuren ist jedoch der Einsatz von wässrigen Lösungen von Vorteil oder zwingend notwendig. Dies ist z.B. bei der Herstellung von niedrigviskosen Adhäsiven, die frei von organischen Lösungsmitteln sind, oder bei dentalen Adhäsiven der Fall, die nur in wässriger Form zu einer optimalen Benetzung der feuchten Dentinoberfläche führen.

Die DE 197 46 708 A1 offenbart polymerisierbare Acrylphosphonsäuren, die in wässriger Lösung hydrolysestabil sind, über gute Hafteigenschaften verfügen, mit herkömmlichen radikalischen Initiatoren polymerisiert werden können und sich daher als Bestandteil insbesondere von Adhäsiven, Formkörpern, Zementen oder Kompositen und vor allem von Dentalmaterialien eignen. Die Acrylphosphonsäuren zeigen in Form ihrer Carbonsäureester eine gute Löslichkeit in Wasser und polaren organischen Lösungsmitteln während sie in Form der Carbonsäuren zwar gut in Wasser aber kaum in organischen Lösungsmitteln löslich sind. Das unterschiedliche Lösungsverhalten von Ester und Säure kann bei wasserhaltigen Materialien nachteilig sein. Die Hydrolyse der Carbonsäureester zur freien Carbonsäure unter Abspaltung von Alkohol kann die Löslichkeit der Monomeren signifikant verändern und so zur partiellen oder vollständigen Ausfällung der Phosphonsäurekomponente führen und damit die Eigenschaften des Materials beeinflussen.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung von polymerisationsfähigen Acrylphosphonsäuren, die in Gegenwart von Wasser bei Raumtemperatur praktisch vollkommen hydrolysestabil sind.

Diese Aufgabe konnte überraschend durch Acrylphosphonsäuren der folgenden allgemeinen Formel (I) gelöst werden

5



(I)

10

worin R^1 , R^2 , R^3 , X , Y , Z und n die folgenden Bedeutungen haben:

15 R^1 = ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkylen- oder C_6 - bis C_{14} -Arylen-Rest;

R^2 = Wasserstoff, ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkyl- oder C_6 - bis C_{10} -Arylrest;

Y = Sauerstoff, Schwefel, C_1 - bis C_8 -Alkylen oder entfällt;

20 n = 1, 2, 3, 4, oder 5;

20

wobei

25 X = CN , n = 1 und Z = entfällt oder

X = $CONR^3$ mit

R^3 = Wasserstoff, ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkylrest oder ein C_6 - bis C_{10} -Aryl-Rest;

30 mit der Maßgabe daß

für n = 1

35 Z = Wasserstoff oder ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkylrest oder ein Phenylrest; und

für n = 2 bis 5

5 Z = ein n-fach mit der in Klammern stehenden Struktur der Formel (I) substituierter, aliphatischer, aromatischer oder araliphatischer, geradkettiger oder verzweigter Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 14 Kohlenstoffatomen, wobei Z und R³ auch Teil eines gemeinsamen Ringes sein können, und

10 wobei die einzelnen Reste substituiert oder unsubstituiert sein können.

15 Die einzelnen Alkyl-, Aryl-, Alkylen-, Arylen-, Phenyl-, Phenylen- und Arylenalkylenreste können durch einen oder mehrere Substituenten, wie Cl, Br, CH₃O, OH, COOH, CN, =O, =S, =NR² oder -NR³-CO-C(=CH₂)CH₂-Y-R¹-PO(OH)₂ substituiert sein.

20 Die Nitrile (X = CN) lassen sich in die Amide (X = CONR³) überführen und können daher als deren Vorstufen angesehen werden.

25 Weiter existieren für die oben angegebenen Variablen der Formel (I) bevorzugte Definitionen, die, sofern nicht anders angegeben, unabhängig voneinander gewählt werden können und wie folgt sind:

25 R¹ = ein geradkettiger oder verzweigter C₁- bis C₅-Alkylenrest oder Phenylen;

R² = Wasserstoff oder ein geradkettiger C₁- bis C₃-Alkylrest;

Y = Sauerstoff oder entfällt;

X = CN oder CONR³ mit

30 R³ = Wasserstoff, ein geradkettiger C₁- bis C₆-Alkylrest, ein Phenylrest oder zusammen mit Z Teil eines sechsgliedrigen Rings;

n = 1 oder 2;

35 Z = Wasserstoff oder ein geradkettiger oder verzweigter C₁- bis C₁₀-Alkylrest, ein Phenylrest oder zusammen mit R³ Teil eines sechsgliedrigen Rings (für n = 1); und

Z = ein geradkettiger C₁- bis C₁₀-Alkylenrest oder zusammen mit R³ Teil eines sechsgliedrigen Rings (für n ≥ 2).

Besonders bevorzugte Bedeutungen, die ebenfalls unabhängig 5 voneinander gewählt werden können, sind:

R¹ = ein geradkettiger oder verzweigter C₁- bis C₄-Alkylenrest;

R² = Wasserstoff oder ein Methylrest;

Y = Sauerstoff;

X = CONR³;

R³ = Wasserstoff oder ein geradkettiger C₁- bis C₅-Alkylrest;

Z = Wasserstoff oder ein geradkettiger C₁- bis C₆-Alkylrest (für n = 1); und

Z = ein geradkettiger C₁- bis C₅-Alkylenrest (für n ≥ 2).

15

Die Reste R¹, R², R³ und/oder Y sind vorzugsweise unsubstituiert, der Rest Z ist vorzugsweise unsubstituiert oder durch =O, =S, =NR² oder -NR³-CO-C(=CH₂)CH₂-Y-R¹-PO(OH)₂ substituiert.

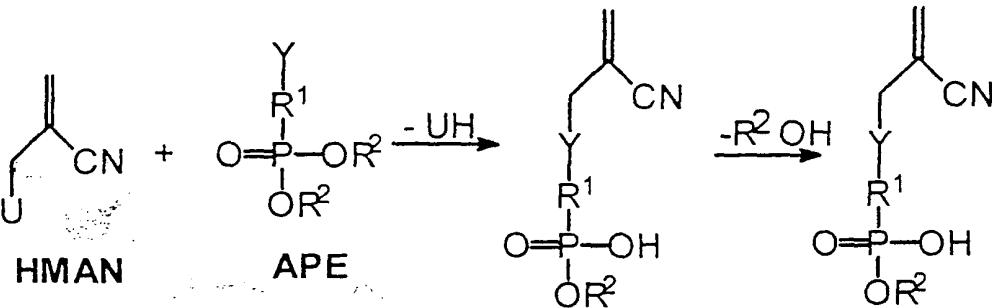
20 Bevorzugte Verbindungen sind demgemäß solche, bei denen mindestens eine besonders bevorzugt alle der Variablen der Formel (I) die vorstehend beschriebenen bevorzugten Definition aufweisen, wobei die Formel (I) alle durch die genannten Substituenten möglichen Stereoisomere und ihre Mischungen, wie Racemate, 25 einschließt.

Die erfundungsgemäßen Acrylphosphonsäuren der Formel (I) (X = CN, Z entfällt) lassen sich durch Umsetzung von am Alkylrest Y-funktionalisierten Alkylphosphonsäureestern APE (R² = Alkyl) mit 30 α-Halogenmethylacrylnitrilen (U = Halogen, vor allem Cl oder Br) HMAN und nachfolgende Abspaltung der Alkylgruppen R² unter Anwendung der aus der organischen Chemie bekannten Methoden für die Knüpfung von C-C-, C-O- oder C-S-Bindungen (vgl. C. Weygand, G. Hilgetag, Organisch-chemische Experimentierkunst, Johann 35 Ambrosius Bart Verlag, Leipzig 1970, S. 963f., 362f. und 657f.) herstellen. Dabei wird für die beiden Phosphonsäure-Gruppen die Schutzgruppen-Technik eingesetzt, d.h. daß die Umsetzungen z.B.

mit den entsprechenden Phosphonsäureestern durchgeführt werden, aus denen dann anschließend in Abhängigkeit vom eingesetzten Hydrolyse-Reagenz die Mono- (R^2 = Alkyl) oder Dihydrogenphosphonsäuren (R^2 = H) der Formel (I) freigesetzt werden:

5

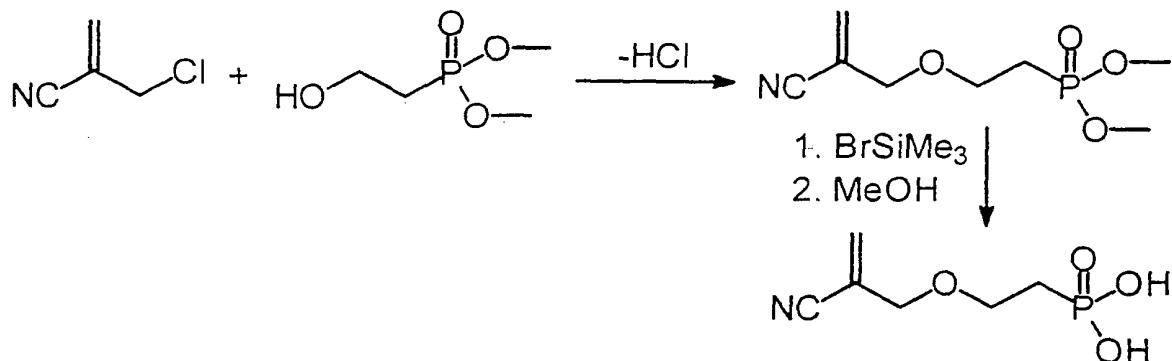
10



15 Konkret führt die Umsetzung von α -Chlormethylacrylnitril mit 2-Hydroxyethylphosphonsäuredimethylester über 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxybutyl]-acrylnitril nach Silylierung mit Trimethylsilylbromid und Desilylierung mit Methanol zur entsprechenden Phosphonsäure {2-[4-(Dihydroxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylnitril}:

20

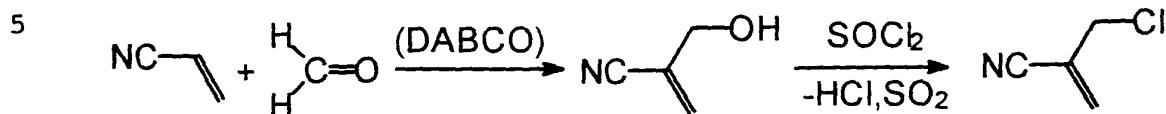
25



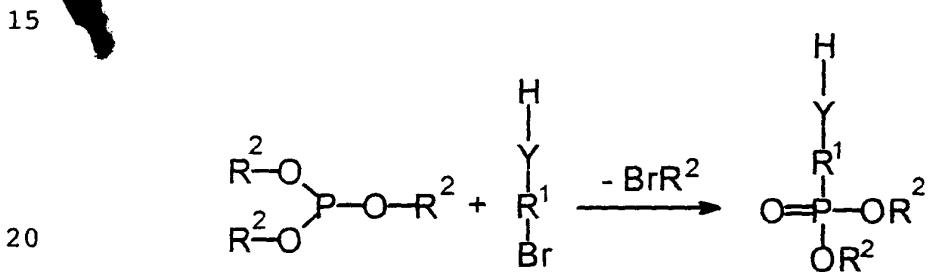
30

Die α -Halogenmethylacrylnitrile HMAN sind durch Reaktion von Acrylnitril mit Formaldehyd in Gegenwart von 1,4-Diazabicyclo[2.2.2]octan (DABCO) und nachfolgende Halogenierung mit anorganischen Säurechloriden, wie SOCl_2 , PCl_3 oder PBr_3 , zugänglich
35 (vgl. DE-OS 34 44 098 und G.F. Meijs, E. Rizzardo, S.H. Thang, Polym. Bull. 24 (1990) 501).

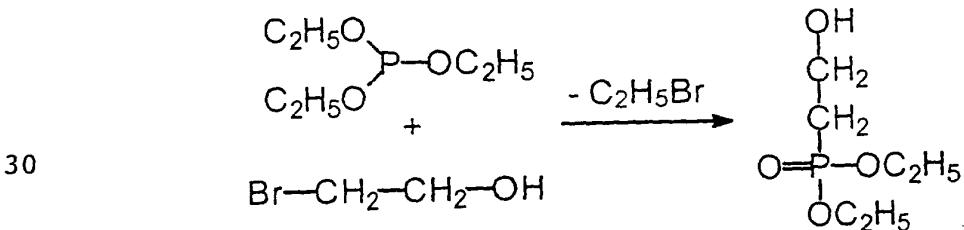
Beispielsweise führt die Umsetzung von Acrylnitril mit Formaldehyd über α -Hydroxymethylacrylnitril nach Chlorierung mit Thionylchlorid zum α -Chlormethylacrylnitril:



10 Geeignete Phosphonsäureester APE können auf unterschiedlichen Wegen erhalten werden. Eine besonders geeignete Reaktion für die Herstellung von Alkanphosphonsäureestern ist die Michaelis-Arbusow-Reaktion (vgl. G.M. Kosolapoff, Org. Reactions 6 (1951) 273), bei der Trialkylphosphite, z.B. Triethylphosphit, und 15 halogenalkane miteinander umgesetzt werden, z.B.:



25 Konkret kommt es bei der Reaktion von Triethylphosphit mit 2-Bromethanol zur Bildung des 2-Hydroxyethylphosphonsäurediethylesters:

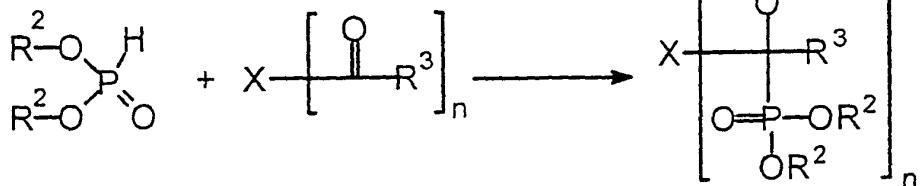


Dabei muß gegebenenfalls auch der Y-Substituent geschützt werden.

35 Eine weitere Möglichkeit der Synthese von Hydroxyalkylphosphonsäureestern ($\text{YH} = \text{OH}$) besteht in der basenkatalysierten Anlagerung von Dialkylphosphiten an mono- oder difunktionelle

Aldehyde oder Ketone (F. Texier-Boulet, A. Foucaud, *Synthesis*, 1982, 916):

5

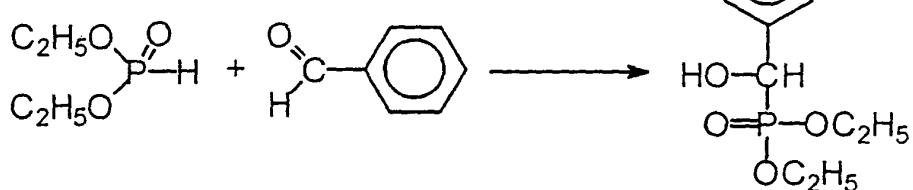


10

Konkret erhält man durch Umsetzung von Diethylphosphit mit Benzaldehyden (1-Hydroxy-1-phenyl)-methylphosphonsäurediethyl-ester:.

15

20



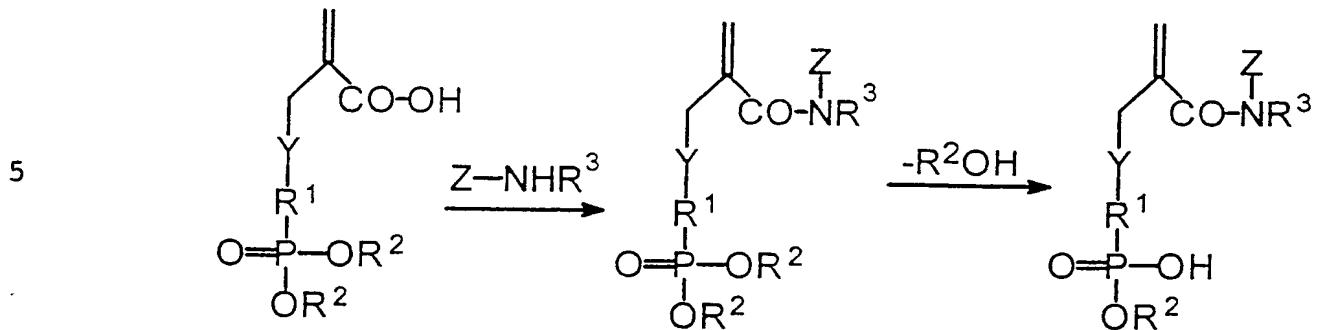
25

Die hydrolytische Abspaltung der Schutzgruppe erfolgt dann vorzugsweise durch Silylierung mit Trialkylsilylhalogeniden, z.B.

Trimethylsilylchlorid/(NaI oder NaBr), und nachfolgende Umsetzung mit Alkoholen oder Wasser (S. Freeman, J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2, 1991, 263).

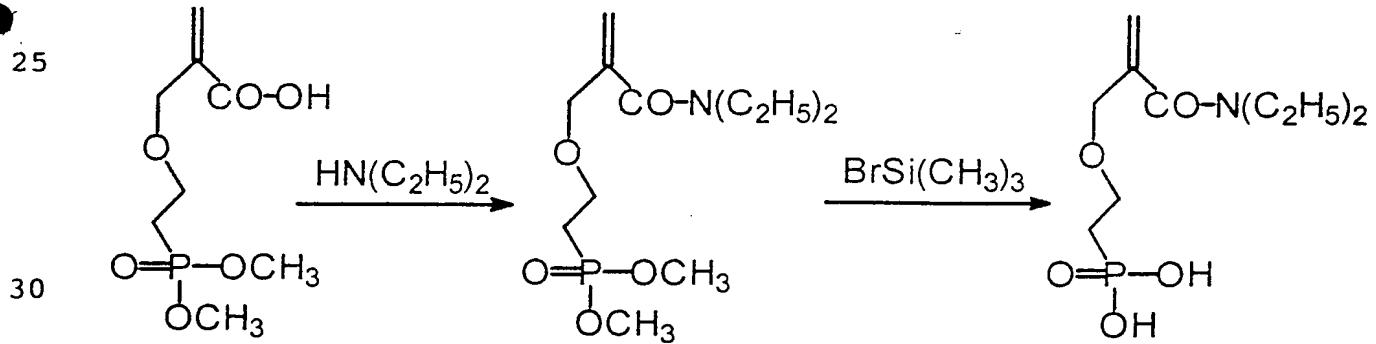
30

Die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren AP der Formel (I) (X = CONR³, n = 1) lassen sich durch Umsetzung von Dialkoxyphosphoryl-acrylsäuren DPA mit monofunktionellen Aminen in Gegenwart eines geeigneten Kondensationsmittels und nachfolgende Hydrolyse der Phosphonsäureestergruppen herstellen.

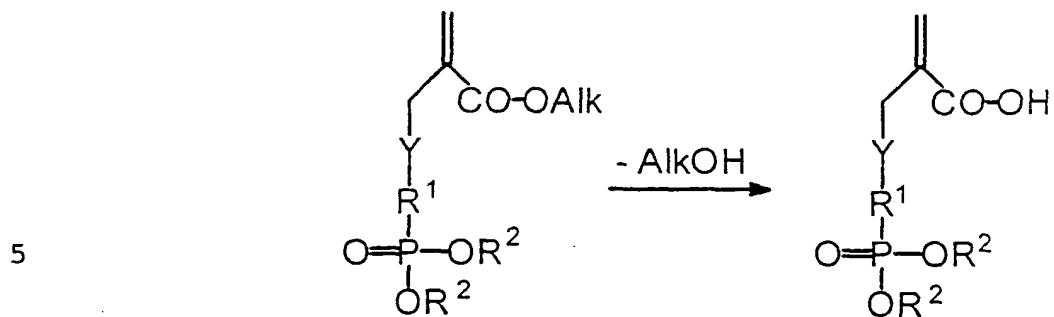


Als Kondensationsmittel für die Amidierung können Carbodiimide bzw. Phosphoroxychlorid (Houben-Weyl, Bd. 15/2, Peptide; 4. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1974, S. 103ff. und 15 232ff.) eingesetzt werden. Die Abspaltung der Phosphonsäureestergruppen erfolgt mittels Trimethylsilylbromid.

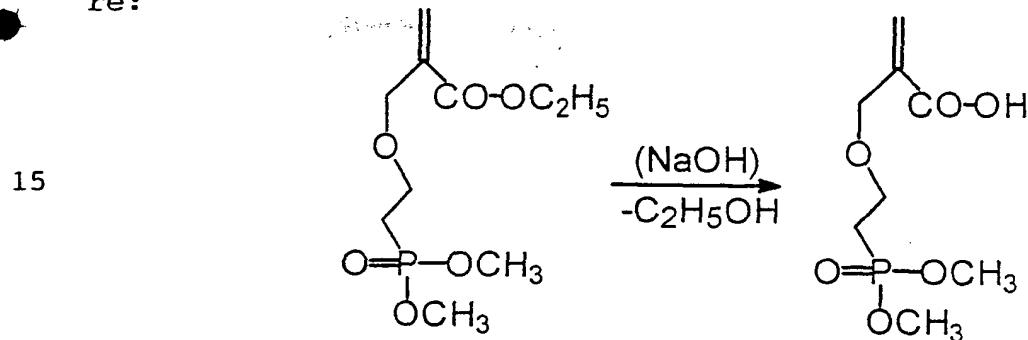
Beispielsweise führt die Umsetzung von 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylsäure mit Diethylamin über 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylsäurediethylamid zu der entsprechenden Acrylamidophosphonsäure {2-[4-(Dihydroxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylsäurediethylamid}:



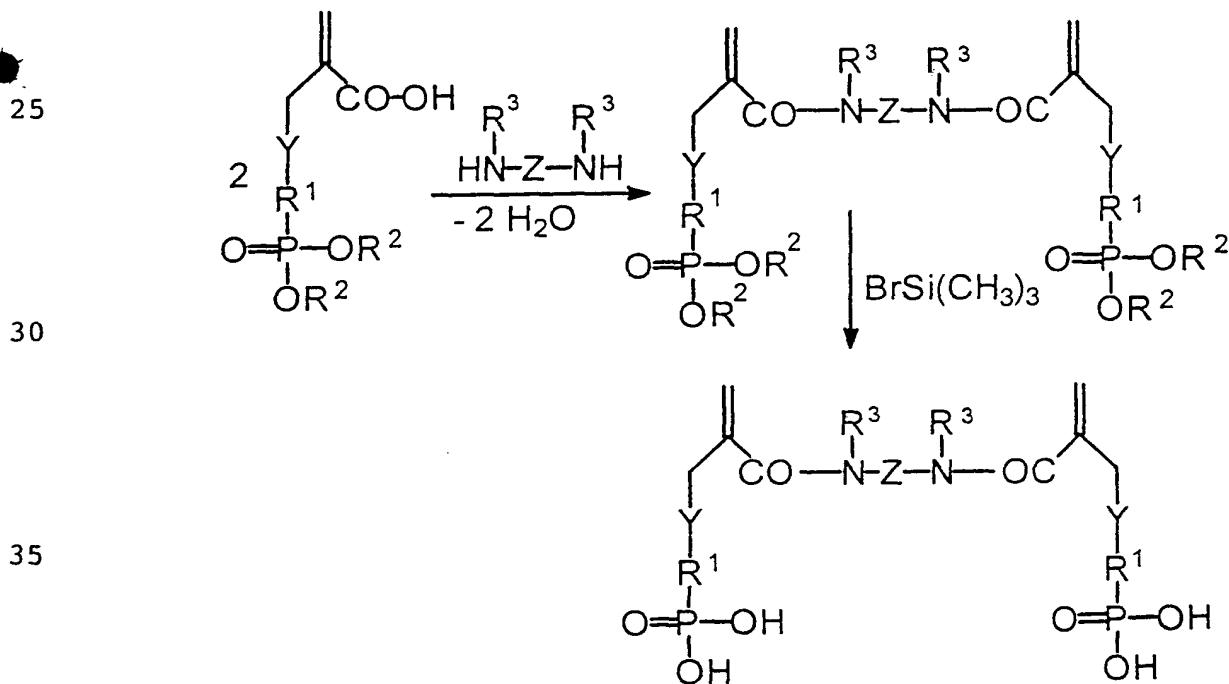
Die eingesetzten Dialkoxyphosphoryl-acrylsäuren DPA lassen sich aus entsprechenden Dialkoxyphosphoryl-acrylsäurealkylestern DPAE (vgl. N. Moszner, F. Zeuner, U.K. Fischer, V. Rheinberger, Macromol. Chem. Phys. 200 (1999) durch selektive alkalische Hydrolyse herstellen, z.B.:



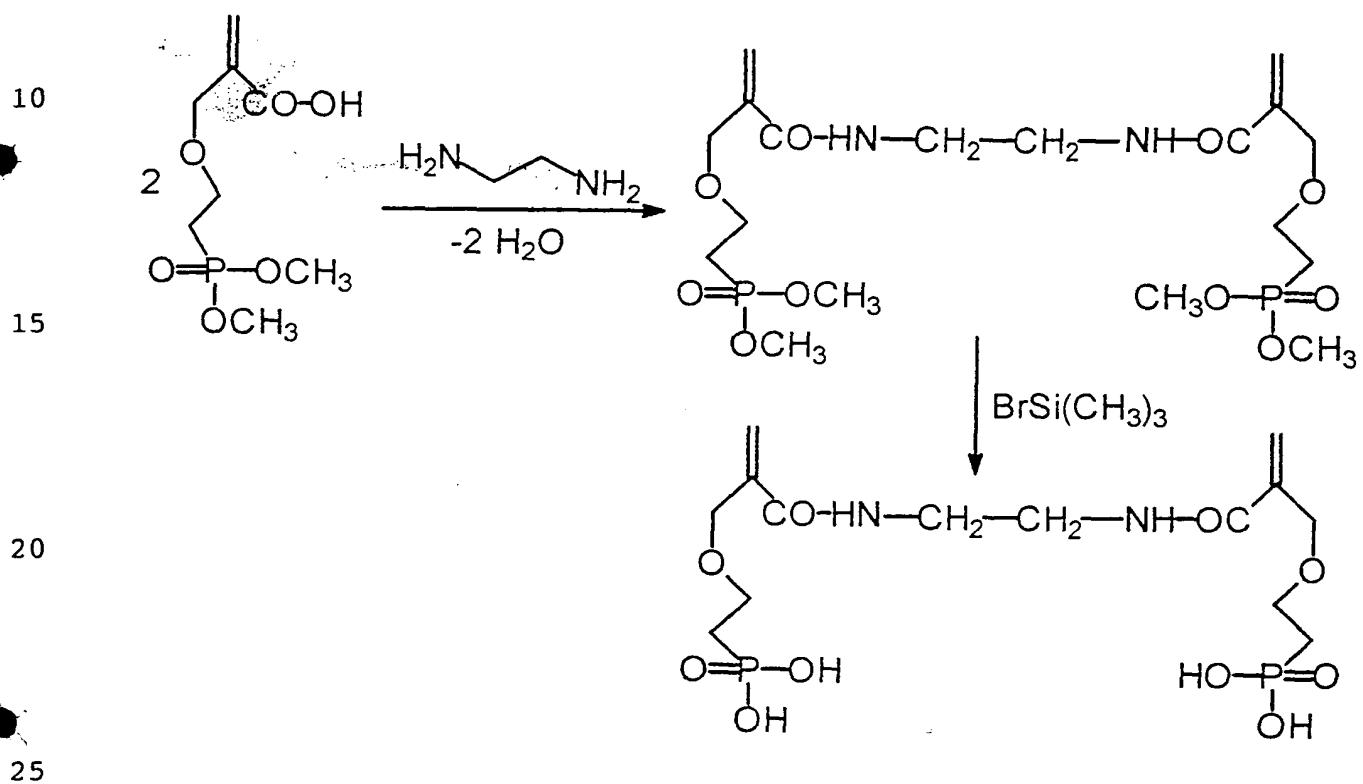
10 Konkret führt die Umsetzung von 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxa-
butyl]-acrylsäureethylester mit Natriumhydroxid unter Abspaltung
15 von Ethanol zu 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxa-butyl]-acrylsäure:



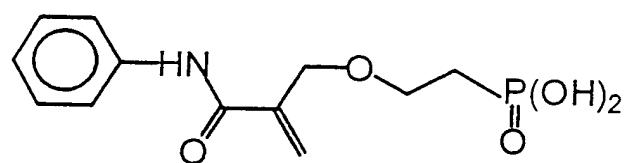
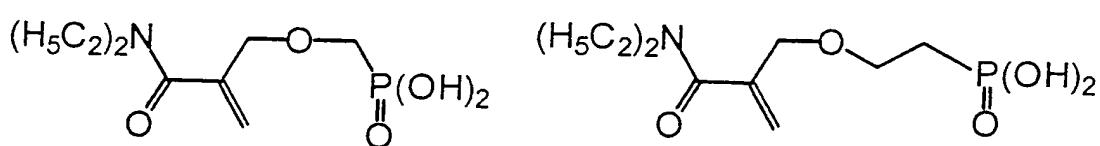
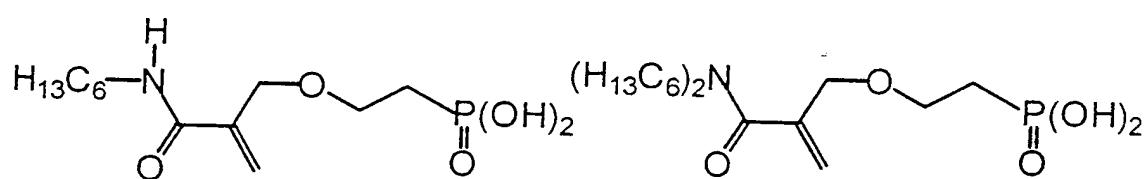
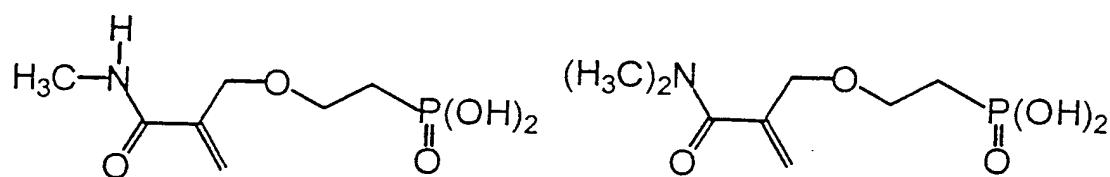
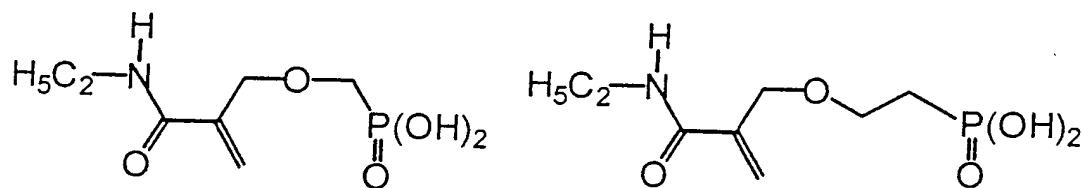
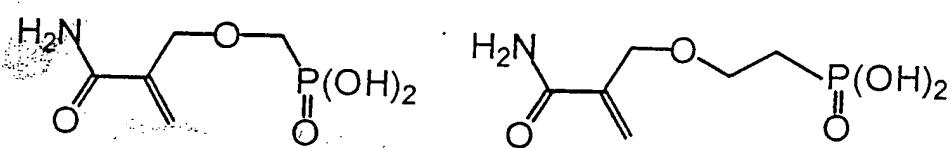
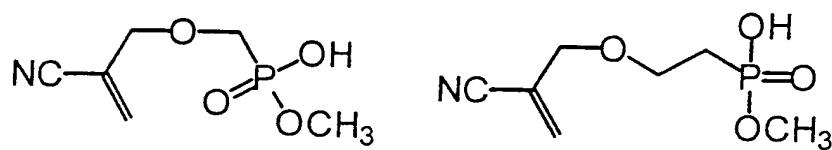
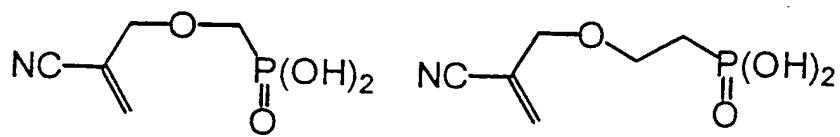
20 Analog ergibt die Amidierung von Dialkoxyphosphorylacrylsäuren
mit Diaminen die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren der Formel
(I) mit $X = \text{CONR}^3$ und $n = 2$:

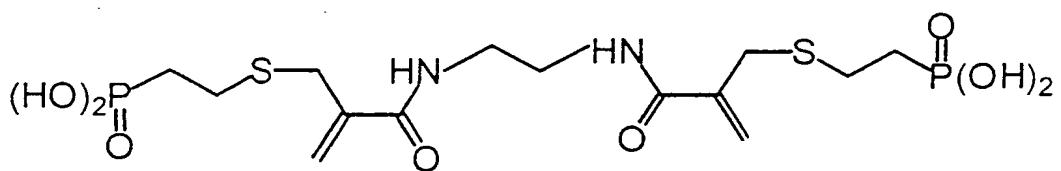
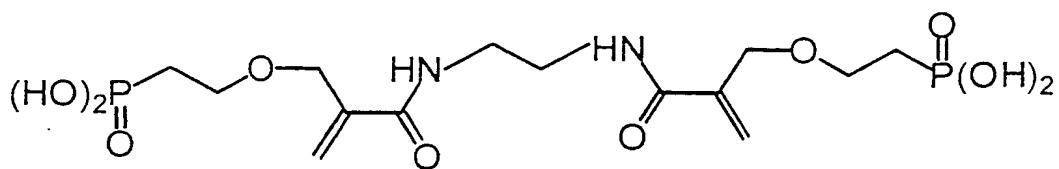
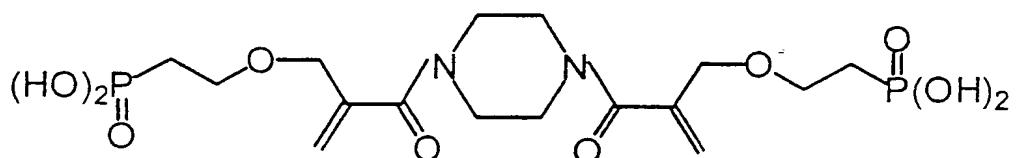
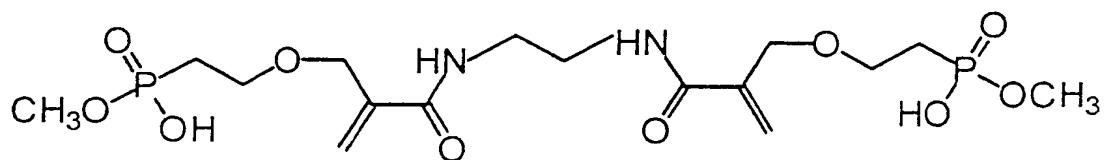
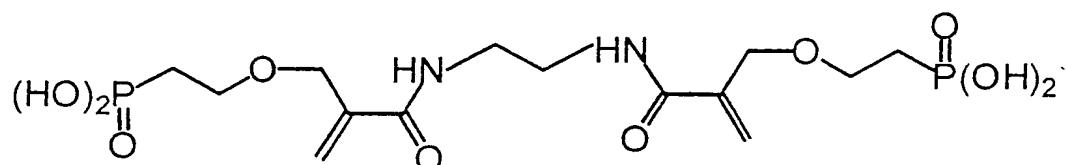
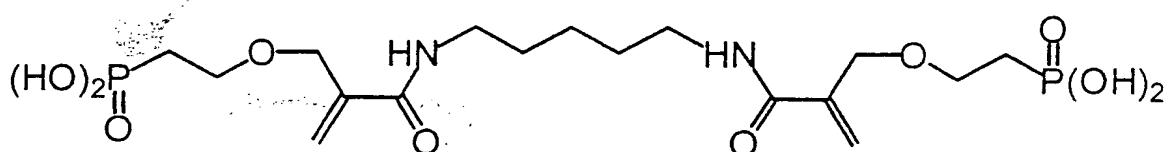
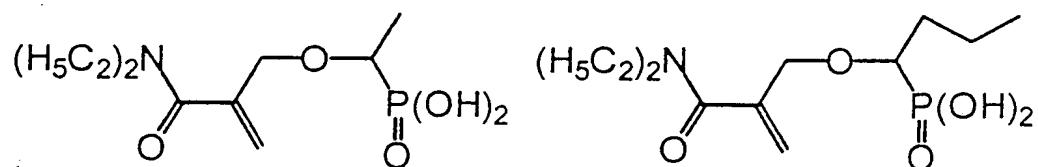
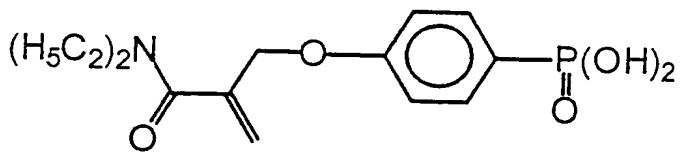


Beispielsweise ergibt die Umsetzung von 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxa-butyl]-acrylsäure mit Ethylenediamin das N,N'-Bis-[(6-dimethoxyphosphoryl)-4-oxa-2-methylen-hexanoyl]-ethylenediamin, das sich durch Behandlung mit Trimethylsilylbromid in das N,N'-
5 Bis-[(6-dihydroxyphosphoryl)-4-oxa-2-methylen-hexanoyl]-ethylenediamin überführen lässt:



Bevorzugte Beispiele für die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren der Formel (I) sind u.a.:





Die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren sind bei Raumtemperatur praktisch vollkommen hydrolysestabil. Sie eignen sich daher insbesondere zur Verwendung mit wasserhaltigen Mischungen.

5 Darüber hinaus zeichnen sich die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren im Vergleich zu den entsprechenden Carbonsäurederivaten (X = COO, Z = H) durch eine wesentlich bessere Löslichkeit in polaren organischen Lösungsmitteln wie z.B. Ethanol, Aceton, Methylenechlorid oder Essigsäureethylester aus. Außerdem sind sie 10 gegenüber anderen Verbindungen wie z.B. organischen Lösungsmitteln weitgehend inert, während beispielsweise die entsprechenden Carbonsäureester (X = COO, Z = Alkylrest) in Gegenwart von Ethanol schon bei Raumtemperatur zur Alkoholyse neigen.

15 Aufgrund des Vorliegens von polymerisierbaren Gruppen eignen sich die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäureester als Ausgangsmaterialien für die Herstellung von Polymeren und Copolymeren. Dabei lassen sie sich mit den bekannten Methoden der radikalischen Polymerisation homopolymerisieren oder z.B. mit geeigneten 20 Comonomeren copolymerisieren.

Zur Durchführung der Polymerisation können die bekannten radikalischen Initiatoren (vgl. Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, Vol. 13, Wiley-Interscience Publisher, New York 25 1988, 754 ff.) eingesetzt werden. Es eignen sich besonders Azoverbindungen, wie Azobis(isobutyronitril) (AIBN) oder Azobis-(4-cyanvaleriansäure) oder Peroxide, wie Dibenzoylperoxid, Dilauroylperoxid, tert.-Butylperoctoat, tert.-Butylperbenzoat oder Di-(tert.-butyl)-peroxid.

30 Als Initiatoren für die Heißhärtung eignen sich auch Benzpinakol und 2,2'-Dialkylbenzpinakole.

Weiterhin können auch Photoinitiatoren (vgl. J.P. Fouassier, 35 J.F. Rabek (Hrsg.), Radiation Curing in Polymer Science and Technology, Vol. II, Elsevier Applied Science, London und New York 1993) für die Polymerisation mit UV-Licht oder Licht

sichtbarer Wellenlängen, wie Benzoinether, Dialkylbenzilketale, Dialkoxyacetophenone, Acylphosphinoxide, α -Diketone, wie 9,10-Phenanthrenchinon, Diacetyl, Furil, Anisil, 4,4'-Dichlorbenzil und 4,4'-Dialkoxybenzil, und Campherchinon, verwendet werden.

5

Die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren können insbesondere als Bestandteil von Adhäsiven, Zementen, Kompositen und Formkörpern sowie bevorzugt von Dentalmaterialien verwendet werden. Die erfindungsgemäßen Verbindungen können dabei auch in polymerisierter oder teilweise polymerisierter Form, d.h. in Form von Polymeren wie Homo- oder Copolymeren, eingesetzt werden, beispielsweise als Komponente von Glasionomerzementen.

Die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren lassen sich allein oder

15 in Mischung mit herkömmlichen radikalisch polymerisierbaren Co-
monomeren, insbesondere mit difunktionellen Vernetzermonomeren
polymerisieren. Für die Herstellung von Adhäsiven oder Dentalma-
terialien eignen sich vor allem vernetzende bi- oder mehrfunk-
tionelle Acrylate oder Methacrylate, wie z.B. Bisphenol-A-di-
20 (meth)acrylat, Bis-GMA (das Additionsprodukt von Methacrylsäure
und Bisphenol-A-diglycidylether), UDMA (das Additionsprodukt von
Hydroxyethylmethacrylat und 2,2,4-Trimethylhexamethylendi-
isocyanat), Di-, Tri- oder Tetraethylenglykoldi(meth)acrylat,
Trimethylolpropantri(meth)acrylat und Pentaerythrittetra(meth)-
25 acrylat. Es eignen sich ebenfalls die durch Veresterung von
(Meth)acrylsäure mit den entsprechenden Diolen zugänglichen
Verbindungen Butandioldi(meth)acrylat, 1,10-Decandioldi(meth)-
acrylat und 1,12-Dodecandioldi(meth)acrylat.

30 Die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren können in freier Form
oder in Form ihrer Salze, d.h. als Phosphonate oder Phosphonat-
ester, eingesetzt werden, wobei im Fall der Salze als Gegenionen
vorzugsweise Alkalimetallionen, insbesondere Natrium- und
Lithiumionen, sowie organische Ammoniumionen dienen, insbesondere
35 solche, die sich von Aminbeschleunigern, wie N,N-Dihydroxyethyl-
p-toluidin, N,N-Bis-(2-hydroxy-3-methacryloxypropyl-3,5-xylidin
oder 4-(Dimethylamino)-benzoësäure-2-ethyl-hexylester, ableiten.

Aminbeschleuniger werden im Dentalbereich als Komponente beispielsweise von Photoinitiatorsystemen eingesetzt. Es handelt sich im allgemeinen um tert. Amine, die als H-Donatoren wirken können und damit die Radikalbildung beschleunigen (vgl. L.A.

5 Linden, "Photocuring of Polymeric Dental Materials and Plastic Composite Resins" in Radiation Curing in Polymer Science and Technology, Vol. IV, J.P. Fouassier, J.F. Rabek (Herausgeber), Elsevier Appl. Sci., London, Ney York 1993, 396f.).

10 Darüber hinaus können die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren oder ihre Mischungen mit anderen radikalisch polymerisierbaren Comonomeren zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften mit organischen oder anorganischen Partikeln oder Fasern gefüllt werden. Bevorzugte anorganische partikuläre Füllstoffe sind
15 amorphe kugelförmige Materialien auf der Basis von Mischoxiden aus SiO_2 , ZrO_2 und/oder TiO_2 , mikrofeine Füllstoffe, wie pyrogene Kieselsäure oder Fällungskieselsäure, sowie Makro- oder Minifüllstoffe, wie Quarz-, Glaskeramik- oder Glaspulver mit einer durchschnittlichen Teilchengröße von 0,01 bis 5 μm . Weiterhin
20 können auch röntgenopake Füllstoffe, wie Ytterbiumtrifluorid, oder Glasfasern, Polyamid- oder Kohlenstoff-Fasern eingesetzt werden.

Den Acrylphosphonsäuren oder Mischungen davon können im Bedarfsfall weitere Komponenten zugesetzt werden, vor allem Lösungsmittel, wie Wasser, Methanol, Ethanol, Isopropanol, Methylethylketon, Aceton, Essigsäureethylester, Dimethylformamid, Dimethylsulfoxid oder Mischungen von diesen, sowie Stabilisatoren, UV-Absorber, Farbstoffe, Pigmente oder Gleitmittel. Zur Verwendung
30 in Dentalmaterialien sind als Lösungsmittel Wasser, Ethanol, Aceton und Essigsäureethylester sowie Mischungen davon bevorzugt.

Die erfindungsgemäßen Acrylphosphonsäuren eignen sich besonders als Bestandteil von Dentalmaterialien, wie Befestigungszemente und Füllungskomposite und vor allem Dentaladhäsive. Solche Materialien zeichnen sich durch eine sehr gute Haftung auf unterschiedlichen Substraten, wie der Zahnhartsubstanz und

metallischen Substraten, aus und sind unter feuchten Bedingungen hydrolysestabil.

Bevorzugte erfindungsgemäße Dentalmaterialien enthalten die 5 folgenden Komponenten (a), (b), (c), (d) und/oder (e):

(a) 0,5 bis 99 Gew.-%, bevorzugt 10 bis 80 Gew.-% und besonders bevorzugt 20 bis 50 Gew.-% eine oder mehrere erfindungsgemäße Acrylphosphonsäuren,

10

(b) 0,01 bis 5 Gew.-% und bevorzugt 0,1 bis 2,0 Gew.-% radikalischer Initiator,

15

(c) 0 bis 80 Gew.-%, bevorzugt 0 bis 60 Gew.-% und besonders bevorzugt 0 bis 50 Gew.-% radikalisch polymerisierbare Comonomere,

20

(d) 0 bis 95 Gew.-%, bevorzugt 0 bis 80 Gew.-% und besonders bevorzugt 0 bis 70 Gew.-% Lösungsmittel, insbesondere Wasser, Ethanol, Aceton, Essigsäureethylester oder Mischungen davon sowie Mischungen von Wasser mit den genannten organischen Lösungsmitteln,;

25

(e) 0 bis 90 Gew.-%, besonders bevorzugt in Abhängigkeit von der Anwendung 0 bis 20 Gew.-% (Adhäsiv), 20 bis 60 Gew.-% (Zement) und 60 bis 85 Gew.-% (Füllungskomposit) Füllstoff.

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind die erfindungsgemäßen Dentalmaterialien frei von Acrylphosphonsäuren 30 wie sie beispielsweise in der DE 197 46 708 beschrieben werden.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Beispielen näher erläutert.

IR (KBr, cm⁻¹): 2958 (s), 1712 (s), 1634 (m), 1455 (m), 1386 (m), 1218 (s), 1180 (s), 1104 (s), 1033 (s), 956 (m), 824 (m), 702 (w), 651 (m).

5 ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃, ppm): 2,16-2,27 (m, 2H, CH₂P), 3,70-3,80 (m, 7H, CH₃+CH₂CH₂O), 4,21 (s, 2H, C=C-CH₂O), 5,92 und 6,37 (s, 2×1H; CH₂=C), 10,65 (s, 1H, COOH).

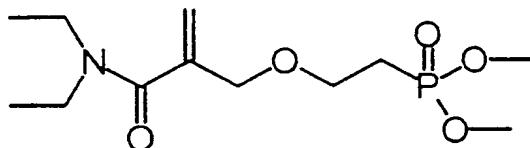
10 ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃, ppm): 22,85 und 24,05 (CH₂P), 51,32 (CH₃), 62,34 (CH₂CH₂O), 66,99 (C=C-CH₂O), 124,18 und 134,83 (C=CH₂), 166,08 (C=O).

15 ³¹P-NMR (161,9 MHz, CDCl₃, ppm): 32,6.

20

2. Stufe: 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylsäurediethylamid (2)

20



25 Zu einer Lösung von 35,2 g (148 mmol) 1, 0,5 g (4,1 mmol) 4-Dimethylaminopyridin (DMAP) und 8 g Hydrochinonmonomethylether (MEHQ), Stabilisator) in 280 ml wasserfreiem Methylenchlorid werden bei -5 °C 10,2 g (140 mmol) Diethylamin so zugetropft, daß die Temperatur 0 °C nicht übersteigt. Anschließend werden 27,0 g 30 (141 mmol) N-(3-Dimethylaminopropyl)-N'-ethylcarbodiimid (EDC) bei der gleichen Temperatur zugegeben. Nach weiterem Rühren bei Raumtemperatur wird der Reaktionsansatz nach 20 Stunden mit 420 ml Methylenchlorid verdünnt und jeweils 2 mal erst mit 2 N NaOH und dann mit 2 N HCl extrahiert. Schließlich wäscht man mit 35 gesättigter NaHCO₃-Lösung und gesättigter NaCl-Lösung. Nach dem Trocknen der Methylenchlorid-Phase über wasserfreiem Na₂SO₄ engt man am Rotationsverdampfer ein und trocknet den Rückstand bei

40 °C und 0,2 mbar bis zur Gewichtskonstanz. Die Feinvakuumdestillation des erhaltenen Rohproduktes ergab bei Kp. 139 °C (0,08 mbar) 21,2 g (52 % Ausbeute) eines hellgelben Öls.

5 Elementaranalyse:

$C_{12}H_{24}NO_5P$: Ber.: C 49,14 H 8,25 N 4,78
(293,30) Gef.: C 47,77 H 8,22 N 5,02

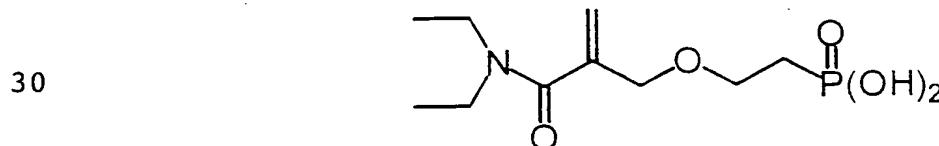
10 IR (KBr, cm^{-1}): 3478 (b), 2972 (m), 1644 (s), 1620 (s), 1462 (s),
1252 (s), 1101 (s), 1032 (s), 947 (m), 821 (s).

15 1H -NMR (400 MHz, CDCl_3 , ppm): 1,19 (t, 6H, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 2,08-2,16 (m,
2H, $\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 3,43 (q, 4H, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 3,68-3,79 (m, 8H, OCH_3 und
15 $\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 4,18 (s, 2H, $\text{OCH}_2\text{C} =$), 5,19 und 5,39 (s, 2×1H; $\text{CH}_2 =$).

20 ^{13}C -NMR (100 MHz, CDCl_3 , ppm): 14,36 und 15,06 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 25,28 und
26,68 ($\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 38,89 und 42,80 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 52,32 (OCH_3), 64,63
($\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 71,64 ($\text{OCH}_2\text{C} =$), 114,57 ($\text{CH}_2 =$), 142,22 ($\text{C}=\text{CH}_2$), 169,81
20 ($\text{C}=\text{O}$).

^{31}P -NMR (161,9 MHz, CDCl_3 , ppm): 31,26.

25 3. Stufe: 2-[4-(Dihydroxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylsäuredi-
ethylamid (3)



Zu 13,5 g (51 mmol) der Verbindung 2 werden 17 g (111 mmol)
35 Trimethylsilylbromid langsam zugetropft und die Mischung an-
schließend 2 Stunden bei 40 °C gerührt. Danach engt man erst im
Wasserstrahlvakuum und dann im Feinvakuum (0,2 mbar) ein, gibt

70 ml absolutes Methanol hinzu und röhrt über Nacht bei Raumtemperatur. Die leicht gelbliche, klare Lösung wird am Rotationsverdampfer eingeengt und im Feinvakuum (0,2 mbar) bei 40 °C bis zu Gewichtskonstanz nachgetrocknet. Es bleiben 13,5 g (100 % Ausbeute) eines hellgelben Öls als Produkt zurück, das eine HPLC-Reinheit von 98,1 % aufweist.

IR (Film, cm^{-1}): 2975 (s), 2936 (s), 2877 (s), 1570 (s), 1489 (s), 1460 (m), 1317 (m), 1215 (s), 1137 (s), 1010 (s), 944 (s),
10 790 (w).

$^1\text{H-NMR}$ (400 MHz, CDCl_3 , ppm): 1,15 (t, 6H, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 2,06-2,15 (m, 2H, $\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 3,40-3,45 (m, 4H, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 3,73-3,80 (m, 2H, $\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$) 4,17 (s, 2H, $\text{OCH}_2\text{C}=\text{}$), 5,18 und 5,38 (s, 2×1H; $\text{CH}_2=\text{}$),
15 11,90 (s, 2H, OH).

$^{13}\text{C-NMR}$ (100 MHz, CDCl_3 , ppm): 11,71 und 13,27 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 26,42 und 27,80 ($\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 38,56 und 42,39 ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{N}$), 64,20 ($\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$),
20 70,50 ($\text{OCH}_2\text{C}=\text{}$), 115,05 ($\text{CH}_2=\text{}$), 140,30 (C=CH_2), 170,10 (C=O).

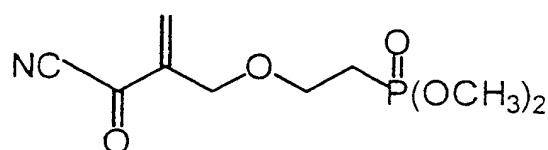
$^{31}\text{P-NMR}$ (161,9 MHz, CDCl_3 , ppm): 28,30.

Beispiel 2:

25

1. Stufe: 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylnitril (4)

30



Zu einer Lösung von 130,9 g (850 mmol) 2-Hydroxyethylphosphonsäuredimethylester, 85,9 g (850 mmol) Triethylamin (TEA) und 35 40 mg Phenothiazin (Stabilisator) in 1 l THF werden bei Raumtemperatur 86,3 g (850 mmol) 2-(Chlormethyl)-acrylnitril zugetropft.

Anschließend wird der Ansatz 6 Stunden bei 65 °C unter Rückfluß erhitzt. Man gibt dann nochmals nacheinander 9,1 g (90 mmol) TEA und 9,1 g (90 mmol) 2-(Chlormethyl)-acrylnitril hinzu und erwärmt für weitere 24 Stunden unter Rückfluß. Nach dem Abkühlen der 5 Reaktionsmischung wird der gebildete Niederschlag an TEA-Hydrochlorid abfiltriert und 2 mal mit 50 ml THF gewaschen. Nach dem Einengen der THF-Phasen am Rotationsverdampfer wird das zurückbleibende Rohprodukt in 650 ml Methylchlorid aufgenommen und 2 mal mit Wasser gewaschen. Nach Trocknen über wasserfreiem 10 Natriumsulfat wird am Rotationsverdampfer im Vakuum (50 mbar) eingeengt und die zurückbleibende Flüssigkeit im Feinvakuum fraktioniert destilliert. Es ergeben sich bei Kp. 150 °C (0,05 mbar) 101,0 g (54 % Ausbeute) einer farblosen Flüssigkeit.

15 Elementaranalyse:

$C_8H_{14}NO_4P$:	Ber.:	C 43,84	H 6,44	N 6,39
	Gef.:	C 43,11	H 6,98	N 6,29

20 IR (Film, cm^{-1}): 2956 (m), 2227 (m), 1626 (w), 1464 (m), 1397 (m), 1250 (s), 1107 (s), 1032 (s), 944 (s), 821 (s).

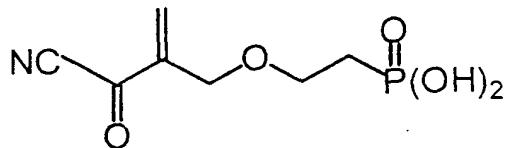
25 1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$, ppm): 2,07-2,19 (m, 2H, PCH_2CH_2O), 3,71-3,83 (m, 8H, OCH_3 und PCH_2CH_2O) 4,11 (s, 2H, $OCH_2C=$), 6,06 (s, 2H; $CH_2=$).

30 ^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$, ppm): 25,01 und 26,41 (PCH_2CH_2O), 52,71 (OCH_3), 64,58 (PCH_2CH_2O), 70,03 ($OCH_2C=$), 117,18 (CN), 120,40 ($C=CH_2$), 132,82 ($CH_2=$).

^{31}P -NMR (161,9 MHz, $CDCl_3$, ppm): 30,73.

2. Stufe: 2-[4-(Dihydroxyphosphoryl)-2-oxabutyl]-acrylnitril (5)

5



Analog zur Herstellung von 3 wurden 55,0 g (250 mmol) 5 mit
10 84,2 g (550 mmol) Trimethylsilylbromid umgesetzt und aufgearbei-
tet. Es ergaben sich 47,5 g (99 % Ausbeute) eines dunklen,
wachsartigen Feststoffs.

Elementaranalyse:

15

$C_6H_{10}NO_4P$: Ber.: C 37,71 H 5,27 N 7,33
(191,12) Gef.: C 36,15 H 5,60 N 7,26

IR (Film, cm^{-1}): 2884 (m), 2228 (m), 1722 (w), 1456 (w), 1398
20 (w), 1103 (s), 1009 (s), 954 (s).

1H -NMR (400 MHz, $CDCl_3$, ppm): 2,16-2,23 (m, 2H, PCH_2CH_2O), 3,67-
3,81 (m, 2H, PCH_2-CH_2O) 4,10 (s, 2H, $OCH_2C=$), 6,07 (s, 2H; $CH_2=$),
10,93 (s, 2H, OH).

25

^{13}C -NMR (100 MHz, $CDCl_3$, ppm): 34,06 und 35,96 (PCH_2CH_2O), 72,04
(PCH_2CH_2O), 76,90 ($OCH_2C=$), 124,28 (CN), 126,66 ($C=CH_2$), 139,81
($CH_2=$).

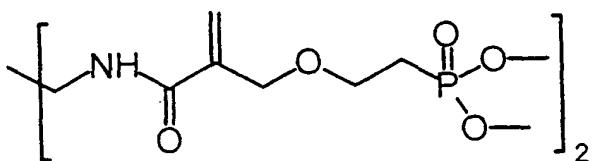
30 ^{31}P -NMR (161,9 MHz, $CDCl_3$, ppm): 30,71.

Beispiel 3:

1. Stufe: N,N'-Bis-[(6-dimethoxyphosphoryl)-4-oxa-2-methylenhexanoyl]-1,2-diaminoethan (6)

5

10



Analog zur Herstellung von 2 wurden eine Lösung von 94 g (395 mmol) 1, 1,3 g (10,8 mmol) DMAP und 18 mg MEHQ in 750 ml wasserfreiem Methylenechlorid bei -5 °C mit 10,8 g (180 mmol)

15 Ethylen diamin und 69,3 g (360 mmol) EDC umgesetzt. Nach analoger Aufarbeitung des Reaktionsansatzes ergaben sich 26,8 g (30 % Ausbeute) eines gelben Öls.

20

Elementaranalyse:

$C_{18}H_{34}N_2O_8P_2$:	Ber.:	C 43,20	H 6,85	N 5,60
(500,43)	Gef.:	C 43,04	H 6,94	N 5,52

25 IR (Film, cm^{-1}): 3322 (m), 2954 (m), 1667 (s), 1622 (s), 1538 (s), 1248 (s), 1104 (s), 1032 (s), 951 (w), 823 (m).

30

1H -NMR (400 MHz, CDCl_3 , ppm): 2,07-2,18 (m, 4H, $\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 3,52 (s, 4H, CH_2NH), 3,71-3,79 (m, 16H, OCH_3 und $\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 4,20 (s, 4H, $\text{OCH}_2\text{C}=\text{}$), 5,59 und 6,06 (s, 2×2H; $\text{CH}_2=\text{}$), 7,84 (s, 2H, NH).

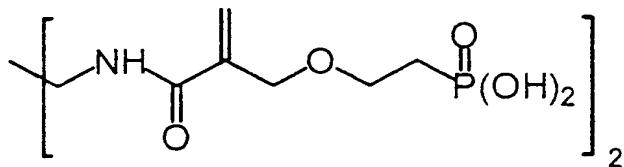
^{13}C -NMR (100 MHz, CDCl_3 , ppm): 24,88 und 26,28 ($\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 39,57 (CH_2NH), 52,45 (OCH_3), 64,20 ($\text{PCH}_2\text{CH}_2\text{O}$), 70,79 ($\text{OCH}_2\text{C}=\text{}$), 123,34 ($\text{CH}_2=\text{}$), 139,50 ($\text{C}=\text{CH}_2$), 167,20 ($\text{C}=\text{O}$).

35

^{31}P -NMR (161,9 MHz, CDCl_3 , ppm): 31,74.

2. Stufe: N,N'-Bis-[(6-dihydroxyphosphoryl)-4-oxa-2-methylen-hexanoyl]-1,2-diaminoethan (7)

5



10 Analog zur Herstellung von 3 wurden 11,3 g (22,6 mmol) 6 mit 15,3 g (100 mmol) Trimethylsilylbromid umgesetzt und aufgearbeitet. Es ergaben sich 10 g (96 % Ausbeute) eines rötlichen Feststoffs.

15 IR (Film, cm⁻¹): 3347 (s, b), 2880 (s), 2318 (m), 1659 (s), 1622 (s), 1609 (s), 1552 (s), 1438 (m), 1362 (m), 1316 (m), 1095 (s), 1002 (s), 935 (s), 715 (m).

19 ¹H-NMR (400 MHz, CDCl₃, ppm): 1,94-2,02 (m, 4H, PCH₂CH₂O), 3,34 (s, 4H, CH₂NH), 3,50-3,65 (m, 4H, PCH₂CH₂O) 4,10 (s, 4H, OCH₂C=), 4,70 (s, POH+H₂O), 5,64 und 6,23 (2s, 2×2H; CH₂=).

23 ¹³C-NMR (100 MHz, CDCl₃, ppm): 26,95 und 28,29 (PCH₂CH₂O), 39,05 (CH₂NH), 64,66 (PCH₂CH₂O), 70,24 (OCH₂C=), 125,04 (CH₂=), 139,39 (C=CH₂), 170,32 (C=O).

27 ³¹P-NMR (161,9 MHz, CDCl₃, ppm): 26,89.

Beispiel 4

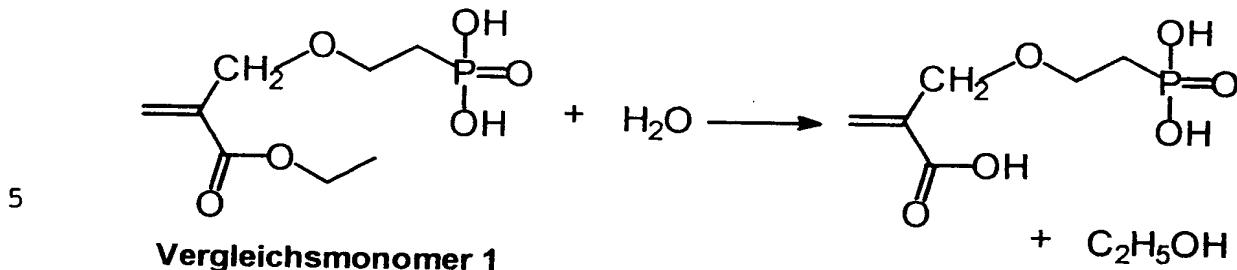
Radikalische Homopolymerisation der Monomeren 3 und 5

5 5,31 g (20,0 mmol) Monomer 3 bzw. 3,82 g (20,0 mmol) Monomer 5 und jeweils 2,0 Mol-% 2,2'-Azobis(isobuttersäureamidin)dihydrochlorid werden mit dest. Wasser auf jeweils auf 10 ml Monomerlösung in einem Schlenkgefäß aufgefüllt. Die Monomerlösungen werden durch mehrfach wiederholtes Einfrieren unter Argon und Auftauen 10 unter Feinvakuum entgast und anschließend bei 65 °C unter Argon polymerisiert. Während der Polymerisation nimmt die Viskosität der Ausgangslösung deutlich zu. Nach 2 Stunden fällt man die Lösungen in der 10-fachen Menge an Tetrahydrofuran aus und trocknet bis zur Gewichtskonstanz. Der so gravimetrisch ermittelte Monomerumsatz beträgt für Monomer 3 23,1 % und für 15 Monomer 5 13,7 %. Der Erfolg der Polymerisation lässt sich auch ¹H-NMR-spektroskopisch bestätigen.

20 Beispiel 5

Untersuchung der hydrolytischen Stabilität der Monomeren 3 und 5

25 Die Monomeren 3 bzw. 5 werden jeweils in einer 1:1-Mischung aus Wasser und Ethanol gelöst und als 20%-ige Lösung bei 37 °C gelagert. Wochenweise wird das ¹H-NMR-Spektrum der Lösung aufgenommen. Im Untersuchungszeitraum von 12 Wochen ergab sich keine Veränderung des Spektrums von Monomer 3 oder 5, was dessen 30 hydrolytische Stabilität belegt. Unter analogen Bedingungen wurde das Monomer 2-[4-(Dimethoxyphosphoryl)-2-oxa-butyl]-acrylsäureethylester (Vergleichsmonomer 1; X = COO, Z = Ethyl) untersucht, wobei nach 3 Monaten ¹H-NMR-spektroskopisch eine 20%-ige hydrolytische Abspaltung der Ethoxygruppe nach folgender 35 Gleichung festgestellt werden konnte:



Beispiel 6

Untersuchung der Dentinhaftung von Monomer 3

15 Zur Untersuchung der Dentinhaftung auf Rinderzahndentin wurde ein Adhäsiv folgender Zusammensetzung (Angabe in Masse-%) hergestellt:

20

Monomer 3:	11,1 %
Glycerindimethacrylat:	11,0 %
2-Hydroxyethylmethacrylat:	20,0 %
Ethanol:	24,0 %
Bis-GMA:	33,1 %
Photoinitiator:	0,8 %

25 Rinderzähne werden so in Kunststoffzylinder eingebettet, daß sich das Dentin und der Kunststoff in einer Ebene befinden. Nach 15 Sekunden Ätzung mit 37%-iger Phosphorsäure wird gründlich mit Wasser abgespült. Durch die Säureätzung sind die Dentubili 30 geöffnet. Dann wird mit einem Microbrush eine Schicht Adhäsiv obiger Zusammensetzung aufgepinselt, mit dem Luftbläser zur Entfernung des Lösungsmittels kurz verblasen und für 40 Sekunden mit einer Halogenlampe (Astralis 7, Vivadent) belichtet. Auf die Adhäsivschicht polymerisiert man einen Kompositzylinder aus 35 Tetric® Ceram (Vivadent) in zwei Schichten von je 1-2 mm auf. Anschließend werden die Prüfkörper 24 h bei 37 °C in Wasser gelagert und dann die Scherhaftfestigkeit bestimmt. Es wurde ein Wert von 23,2 MPa ermittelt.

Beispiel 7

Untersuchung der Schmelzhaftung von Monomer 5

5 Zur Untersuchung der Schmelzhaftung auf Rinderzahnschmelz wurde ein Adhäsiv folgender Zusammensetzung (Angabe in Masse-%) hergestellt:

10	Monomer 5:	11,0 %
	Glycerindimethacrylat:	10,0 %
	2-Hydroxyethylmethacrylat:	20,0 %
	Ethanol:	25,5 %
	Bis-GMA:	32,7 %
	Photoinitiator:	0,8 %

15

Rinderzähne werden so in Kunststoffzylinder eingebettet, daß sich die Schmelzzone und der Kunststoff in einer Ebene befinden. Nach 15 s Ätzung mit 37%-iger Phosphorsäure wird gründlich mit Wasser abgespült. Dann wird mit einem Microbrush eine Schicht Adhäsiv 20 obiger Zusammensetzung aufgepinselt, mit dem Luftbläser zur Entfernung des Lösungsmittels kurz verblasen und für 40 Sekunden mit einer Halogenlampe (Astralis 7, Vivadent) belichtet. Auf die Adhäsivschicht polymerisiert man einen Kompositzylinder aus Tetric® Ceram (Vivadent) in zwei Schichten von je 1-2 mm auf. 25 Anschließend werden die Prüfkörper 24 h bei 37 °C in Wasser gelagert und dann die Scherhaftfestigkeit bestimmt. Es wurde ein Wert von 15,5 MPa ermittelt.

30 Beispiel 8

Untersuchung der Löslichkeit der Monomeren 3 und 5

Es wurde die Löslichkeit der Monomeren 3 und 5 und von einem 35 Vergleichsmonomer (Vergleichsmonomer 2; X = COO, Z = H) in Wasser, Ethanol, Aceton, Methylenechlorid und Ethylacetat untersucht. Die Ergebnisse sind nachfolgend zusammengestellt.

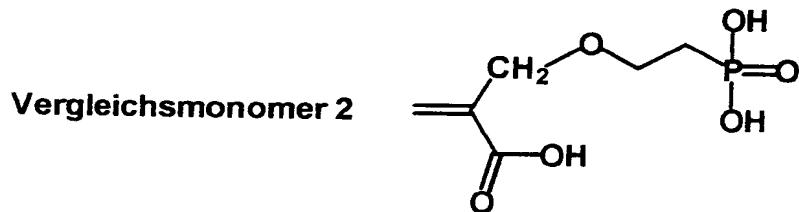
Tabelle 1

Vergleich der Löslichkeiten von Carbonsäure-, Carbonsäureamid- und Carbonsäurenitrilderivaten von Acrylphosphonsäure

5

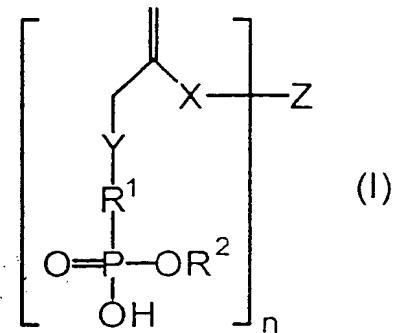
Löslichkeit/Monomer	3	5	Vergleichsmonomer 2
Wasser	++	++	++
Ethanol	++	++	0
Methylenchlorid	++	++	0
Aceton	++	++	0
Ethylacetat	++	++	0

Löslichkeit: ++: sehr gut (> 20 Gew.-%), +: gut (10 - 20 Gew.-%), 0: praktisch unlöslich (< 1 Gew.-%)



Patentansprüche

1. Acrylphosphonsäure der allgemeinen Formel (I), Stereoisomere davon oder Mischungen von diesen



worin R^1 , R^2 , R^3 , X , Y , Z und n die folgenden Bedeutungen haben:

R^1 = ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkylen- oder C_6 - bis C_{14} -Arylen-Rest;

R^2 = Wasserstoff, ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkyl- oder C_6 - bis C_{10} -Arylrest;

Y = Sauerstoff, Schwefel, C_1 - bis C_8 -Alkylen oder entfällt;

n = 1, 2, 3, 4, oder 5;

wobei

X = CN , n = 1 und Z = entfällt oder

X = $CONR^3$ mit

R^3 = Wasserstoff, ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkylrest oder ein C_6 - bis C_{10} -Arylrest;

mit der Maßgabe daß

für $n = 1$

$Z =$ Wasserstoff oder ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkylrest oder ein Phenylrest; und

für $n = 2$ bis 5

$Z =$ ein n -fach mit der in Klammern stehenden Struktur der Formel (I) substituierter, aliphatischer, aromatischer oder araliphatischer, geradkettiger oder verzweigter Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 14 Kohlenstoffatomen, wobei Z und R^3 auch Teil eines gemeinsamen Ringes sein können, und

wobei die einzelnen Reste substituiert oder unsubstituiert sein können.

2. Acrylphosphonsäure nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Variablen der Formel (I) unabhängig voneinander die folgenden Bedeutungen haben:

$R^1 =$ ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_5 -Alkylenrest oder Phenyl;

$R^2 =$ Wasserstoff oder ein geradkettiger C_1 - bis C_3 -Alkylrest;

$Y =$ Sauerstoff oder entfällt;

$X =$ CN oder $CONR^3$ mit

$R^3 =$ Wasserstoff, ein geradkettiger C_1 - bis C_6 -Alkylrest, ein Phenylrest oder zusammen mit Z Teil eines sechsgliedrigen Rings;

$n = 1$ oder 2 ; und

$Z =$ Wasserstoff oder ein geradkettiger oder verzweigter C_1 - bis C_{10} -Alkylrest, ein Phenylrest oder zusammen mit R^3 Teil eines sechsgliedrigen Rings (für $n = 1$); oder

$Z =$ ein geradkettiger C_1 - bis C_{10} -Alkylenrest oder zusammen mit R^3 Teil eines sechsgliedrigen Rings (für $n = 2$).

3. Acrylphosphonsäure nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Variablen der Formel (I) unabhängig voneinander die folgenden Bedeutungen haben:

R^1 = ein geradkettiger C_1 - bis C_4 -Alkylenrest;
 R^2 = Wasserstoff oder ein Methylrest;
 Y = Sauerstoff;
 X = $CONR^3$;
 R^3 = Wasserstoff oder ein geradkettiger C_1 - bis C_5 -Alkylenrest; und
 Z = Wasserstoff oder ein geradkettiger C_1 - bis C_6 -Alkylenrest (für $n = 1$); oder
 Z = ein geradkettiger C_1 - bis C_5 -Alkylenrest (für $n = 2$).

4. Acrylphosphonsäure nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Reste R^1 , R^2 , R^3 und/oder Y unsubstituiert sind.

5. Acrylphosphonsäure nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Rest Z unsubstituiert oder durch $=O$, $=S$, $=NR^2$ oder $-NR^3-CO-C(=CH_2)CH_2-Y-R^1-PO(OH)_2$ substituiert ist.

6. Verwendung der Acrylphosphonsäure gemäß Anspruch 1 bis 5 als Bestandteil eines Adhäsivs, eines Polymeren, eines Komposit, eines Zements, eines Formkörpers und insbesondere eines Dentalmaterials.

7. Verwendung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Dentalmaterial ein Dentaladhäsig, ein Befestigungszement oder ein Füllungskomposit ist.

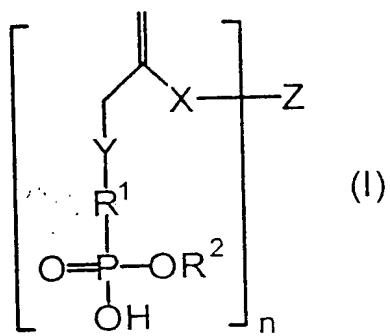
8. Verwendung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Acrylphosphonsäure in zumindest teilweise polymerisierter Form vorliegt.

9. Dentalmaterial, dadurch gekennzeichnet, daß es eine Acrylphosphonsäure gemäß Anspruch 1 bis 5 enthält.

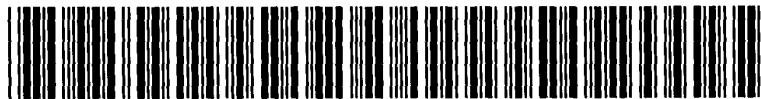
10. Dentalmaterial nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß es die Acrylphosphonsäure in zumindest teilweise polymerisierter Form enthält.
11. Polymere und Copolymeren, dadurch gekennzeichnet, daß sie durch Polymerisation oder Copolymerisation einer Acrylphosphonsäure gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5 erhältlich sind.

Zusammenfassung

Hydrolysestabile und polymerisierbare Acrylphosphonsäure mit der allgemeinen Formel (I)



die sich besonders als Bestandteil von Dentalmaterialien eignet.



Creation date: 15-07-2003

Indexing Officer: PHOENIX - PHOENIX

Team: PhxAdministrator

Dossier: 10233981

Legal Date: 03-09-2002

No.	Doccode	Number of pages
1	TRNA	3
2	SPEC	13
3	CLM	2
4	ABST	1
5	OATH	1
6	WFEE	1
7	WFEE	1
8	WCLM	1
9	IDS	2
10	FOR	45
11	FOR	51
12	NPL	12

Total number of pages: 133

Remarks:

Order of re-scan issued on